

УДК 669.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ТОПЛИВНОЕ ЧИСЛО ПРИ ДОБЫЧЕ РУДЫ

А. В. Лаптева¹, В. Г. Лисиенко², Ю. Н. Чесноков³, Я. М. Щелоков⁴

¹ Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

^{2,3} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

⁴ Союз «Энергоэффективность», Екатеринбург, Россия

¹ annalapteva@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрено решение задачи оценки энергоемкости процессов в черной металлургии с использованием технологических топливных чисел. Показано, что применение в карьерных работах более мощного оборудования уменьшает энергоемкость добычи руды.

Ключевые слова: энергоемкость, теплота сгорания, буровой станок, взрывчатое вещество, экскаватор, автосамосвал, тяговый агрегат, конусная дробилка, шаровая мельница, тепловоз

PROCESS FUEL NUMBER DURING ORE MINING

A. V. Lapteva¹, V. G. Lisienko², Yu. N. Chesnokov³, Y. M. Shchelokov⁴

¹ Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

^{2,3} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

⁴ Soyuz "Energy Efficiency", Ekaterinburg, Russia

¹ annalapteva@mail.ru

Abstract. This paper considers the solution to the problem of assessing the energy intensity of processes in ferrous metallurgy using technological fuel numbers. It has been shown that the use in quarrying of more powerful equipment reduces the energy intensity of ore extraction.

Keywords: energy intensity, heat of combustion, drilling machine, explosive, excavator, automatic dump truck, traction unit, cone crusher, ball mill, diesel locomotive

В ряде работ, посвященных черной металлургии, энергоемкость продукции оценивается сквозной энергоемкостью, так называе-

мым технологическим топливным числом (ТТЧ). Задача оценки энергоемкости этих процессов решается в настоящей работе. Оценка основана на вычислении общих затрат энергии на буровзрывные работы, погрузку и транспортировку отбойки из забоя и из карьера на ГОК, дробление, измельчение некоторой массы руды. ТТЧ определяется делением значения этих затрат энергии на массу руды.

ТТЧ характеризует сквозную энергоемкость продукции и равняется суммарным расходам всех видов энергии в конкретном и во всех предшествующих производствах технологических процессов, пересчитанных на необходимое для их получения первичное топливо, за вычетом ТТЧ, образуемых вторичными энергетическими ресурсами (ВЭР). Единица измерения ТТЧ — (кг у. т.)/(ед. прод.). Следовательно, ТТЧ имеет следующий состав [1–4]:

$$\text{ТТЧ} = \Theta_1 + \Theta_2 + \Theta_3 - \Theta_4,$$

где Θ_1 — первичная энергия; Θ_2 — энергия производных энергоносителей; Θ_3 — скрытая энергия, т. е. энергия, содержащаяся в исходных материалах, оборудовании, капитальных сооружениях конкретного процесса, а также в операциях по поддержанию оборудования в работоспособном состоянии, например ремонты и т. п.; Θ_4 — энергия использованных ВЭР.

Для ископаемого топлива ТТЧ вычисляется по формуле

$$\text{ТТЧ} = 1,2Q_{\text{н}}^{\text{р}},$$

где 1,2 — коэффициент, служащий для учета энергозатрат на добычу, транспортировку и подготовку топлива; $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ — низшая рабочая теплота сгорания ископаемого топлива, кг у. т. Для другой продукции ТТЧ определяется суммой ТТЧ_i ресурсов, необходимых для изготовления этой продукции с учетом их расхода.

ТАЧ — составляющая Θ_3 — рассчитывается по формуле:

$$\text{ТАЧ} = \frac{A}{C_{\text{спр. г.}}} \cdot \frac{Q_{\text{н. пр. г.}}^{\text{р}}}{Q_{\text{н. у. т.}}^{\text{р}}} = A K_{\text{п}},$$

где A — величина амортизационных отчислений в денежном эквиваленте, р./(ед. прод.); $C_{\text{спр. г.}}$ — себестоимость природного газа, р./м³; $Q_{\text{н. пр. г.}}^{\text{р}}$ — низшая рабочая теплота сгорания природного газа, МДж/м³; $Q_{\text{н. у. т.}}^{\text{р}} = 29,33$ МДж/(кг у. т.) — низшая рабочая теплота сгорания условного топлива, МДж/(кг у. т.); $K_{\text{п}}$ — коэффициент приведения, (кг у. т.)/р.

Для природного газа примем $Q_{н. пр. г}^p = 35,8$ МДж/(кг у. т.). В связи с инфляцией значение A изменяется с годами.

При добыче руды открытым способом каждый карьер и горно-обогачительный комбинат (ГОК) используют различную технику. Для расчета ТТЧ предположим, что в некотором усредненном карьере производятся буровые, взрывные, погрузочные, транспортные работы, а также дробление и измельчение. Из предварительных расчетов определим, что 18 т взрывчатого вещества образуют 166 тыс. т отбойки, которая вывозится из карьера за 24 ч.

При расчетах энергопотребления учитывалась работа только основного оборудования при допущении его работы на полной мощности. За счет этого допущения энергия, затраченная на работу вспомогательного оборудования (бульдозеров, заряжающих машин, обслуживающего транспорта и др.), не рассматривалась, а также не учитывались затраты энергии на вскрышные работы.

Энергопотребление i -го процесса (бурение, погрузка и т. п.) определяется произведением

$$EC_i = Q_i n_i t_i .$$

Общее энергопотребление «Итого» в (кВт · ч) найдено по формуле:

$$Q_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N EC_i ,$$

где Q_i — мощность двигателя i -ого агрегата; n_i — количество этих агрегатов; t_i — время работы каждого агрегата; N — количество переделов.

После обогащения образуется 4080 т медного концентрата, который загружается в состав маневровым тепловозом. До комбината цветной металлургии этот состав тепловозной тягой идет сутки, т. к. источники сырья для получения цветных металлов располагаются близко к ГОК. Этот состав доставляется до комбината черной металлургии трое суток тепловозной тягой.

Для железной руды с высокой концентрацией Fe примем равными концентрации отбойки и концентрата.

Данные по потреблению бензина вспомогательным автотранспортном и моторного масла дизельными двигателями отсутствуют. Расходы каждого ресурса на 1 т отбойки рассчитаны по формуле:

$$\Psi = \frac{0,123 Q_{nt}}{166000} .$$

Обозначения раскрыты в предыдущей формуле. Расходы дизельного топлива определены с учетом значения удельного потребления $q = 210 \text{ г/(кВт} \cdot \text{ч)}$:

$$\Psi_{\text{дт}} = \frac{0,123Q_{\text{нт}}}{166000 \cdot 1000000} \cdot$$

Определение ТТЧ процессов добычи, дробления, доставки железного концентрата основано на вычислении общих затрат энергии на добычу некоторой массы руды (концентрата) и делении значения этих затрат на эту массу. Найдено ТТЧ добычи, дробления, доставки железного концентрата, равное $12,41 \text{ (кг у. т.)/т}$. Таким образом, ТТЧ процессов получения концентрата богатых железных руд составляет $12,41/(946 \cdot 100) = 1,31 \%$. Для бедных руд (Качканарского ГОК) ТТЧ концентрата превысит 10% . ТТЧ меди пока неизвестно, но ТТЧ процессов получения медного концентрата больше в $114,91/12,41 = 9,25$ раз по сравнению с ТТЧ процессов получения железного концентрата.

Список источников

1. Щелоков Я. М. Об энерготехнологической производительности сталеплавильных производств // Сталь. 1988. № 9. С. 20–21.
2. Лисиенко В. Г., Розин С. Е., Щелоков Я. М. Методика расчета и использование технологических топливных чисел // Изв. высш. учеб. заведений. Чер. металлургия. 1987. № 2. С. 108–112.
3. Лисиенко В. Г., Пареньков А. Е., Лаптева А. В. Оценка энергоэффективности альтернативных бескоксowych металлургических технологий // Сталь. 2009. № 2. С. 72–77.
4. Лисиенко В. Г., Чесноков Ю. Н., Лаптева А. В. Сравнительный эколого-парниковый анализ альтернативных бескоксowych процессов производства чугуна и стали // Металлург. 2011. № 7. С. 40–45.